
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2008/2009
*Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2008/2009*

April/May 2009
April/Mei 2009

EMH 202/3 – Fluid Dynamics
Dinamik Bendalir

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:

ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **NINE (9)** printed pages and **SIX (6)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat bercetak dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **TWO (2)** questions from **SECTION A** and **TWO (2)** questions from **SECTION B**.

*Jawab **DUA (2)** soalan dari **BAHAGIAN A** dan **DUA (2)** soalan dari **BAHAGIAN B***

Answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

BAHAGIAN A

- Q1. [a] With the aid of a simple sketch, describe the cross sectional velocity distribution in a circular pipe under steady state flow in laminar and turbulent conditions respectively.**

Dengan bantuan gambarajah mudah, terangkan agihan halaju keratan rentas bagi sebuah paip di bawah keadaan aliran mantap dalam keadaan lamina dan keadaan gelora.

(40 marks/markah)

- [b] Consider a control volume in a cylindrical coordinate in an unsteady flow for an incompressible Newtonian fluid. The general modified Navier-Stokes equation in three dimensional unsteady state in axial direction, z , is given by:**

$$\rho \left(\frac{\partial u_z}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right] + \rho g_z$$

Where subscripts r , θ and z are velocities in radial, tangential and axial directions respectively.

Identify each term with its respective force components acting on the control volume.

With the help of a simple illustration, derive the convective momentum force component in z direction.

Timbangkan sebuah isipadu kawalan di dalam koordinat silinder dalam aliran tidak mantap bagi suatu bendalir Newtonian tidak boleh mampat. Persamaan am Navier-Stokes terubahsuai tiga dimensi dalam keadaan tidak mantap dari arah paksi, z , diberi sebagai:

$$\rho \left(\frac{\partial u_z}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right] + \rho g_z$$

di mana r , θ dan z adalah halaju-halaju dari arah jejari, tangen dan paksi masing-masing.

Tunjukkan setiap sebutan masing-masing dengan komponen daya yang bertindak ke atas isipadu kawalan tersebut.

Dengan bantuan ilustrasi mudah, terbitkan komponen daya momentum molekul dari arah z .

(40 marks/markah)

- [c] State three industrial applications involving heavily on Navier-Stokes equation. Explain three main considerations in designing the wings of an aircraft.

Nyatakan tiga aplikasi industri yang amat bergantung kepada persamaan Navier-Stokes. Jelaskan tiga pertimbangan utama dalam merembentuk sayap-sayap sebuah kapal terbang.

(20 marks/markah)

- Q2. [a] With the aid of a simple sketch, describe the main phenomena of the boundary layer formations of a Newtonian fluid steady state as it develops from laminar to turbulent flows over a horizontal flat plate. State the typical range of Reynolds numbers for each stage.

Dengan bantuan lakaran mudah, terangkan beberapa fenomena utama pembentukan lapisan sempadan bagi bendalir Newtonian dalam keadaan mantap apabila ia berubah daripada aliran lamina kepada aliran gelora pada satu plat rata mendatar. Nyatakan julat nombor Reynolds yang biasa bagi setiap peringkat.

(30 marks/markah)

- [b] A triangular recreational hang-glider, with a wing span of 10 m, central apex length of 3 m and mass of 10 kg, soars at an angle to the horizontal. The tension in the string holding the hang-glider is 500 N when the wind velocity is 40 km/h horizontally and the angle of the string to the horizontal direction is 35° . The density of air is 1.2 kg/m^3 . Calculate the lift and drag coefficients for the hang-glider in the given position.

Sebuah peluncur-gayut rekreasi berbentuk segi tiga dengan jarak rentang sayap 10 m, panjang muncung tengah 3 m dan jisim 10 kg, melayang di udara pada suatu sudut berbanding ufuk. Daya tegangan tali yang mengikat peluncur-gayut tersebut ialah 500 N apabila angin bertiup secara mendatar sekual 40 km/j dan sudut antara tali dan ufuk ialah 35° . Ketumpatan udara ialah 1.2 kg/m^3 . Kirakan pekali-pekali daya angkatan dan daya seretan bagi peluncur-gayut itu dalam keadaan tersebut.

(40 marks/markah)

- [c] Explain briefly some of the common questions in our every day life:
 (i) Why does a bullet normally have a parabolic shaped frontal edge?
 (ii) Why is it difficult for an F1 car to overtake the front car?
 Some simple illustrations may be added to assist your explanation.

Terangkan secara ringkas beberapa persoalan dalam kehidupan kita seharian:

- (i) Kenapa biasanya muncung hadapan peluru berbentuk parabola?
 (ii) Kenapa sukar bagi sebuah kereta F1 untuk memotong kereta di hadapannya?

Beberapa ilustrasi mudah boleh ditambah bagi membantu penerangan anda.

(30 marks/markah)

Q3. [a] Describe the following major phenomena for flow around an immersed bodies:

- (i) Cavitation
- (ii) Vortex shedding.

Strengthen your description with some sketches and examples.

Terangkan, fenomena-fenomena utama bagi aliran di sekitar jasad terendam seperti berikut:

- (i) Peronggaan
- (ii) Kocakan vorteks.

Kukuhkan penerangan anda dengan beberapa lakaran dan contoh-contoh.

(30 marks/markah)

[b] A twin skyscrapers, each cylindrical in overall shape with height of 400 m and diameter of 30 m, are constructed at 50 m intervals in a North-South direction. If an 80 km/h wind is blowing transversely across the buildings in East-West direction, calculate the total force both tower will be subjected to. Assume there is no interference between the buildings and take the drag coefficient of each building as 1.5, air density as 1.2 kg/m^3 and viscosity $1.7 \times 10^{-5} \text{ Pas}$.

State whether vortex shedding would happen. At what frequency would it resonate with the natural or harmonic frequency of the buildings?

How would the frequency be different if the buildings are subjected to North-South wind direction?

Take the integrated density and stiffness of each building to be 8960 kg/m^3 and $1.41 \times 10^7 \text{ N/m}$.

Strouhal number, $fd/U_o = 0.198(1-19.7/Re)$,

Natural frequency of the building, $f_n = (1/2\pi)(k/m)^{1/2}$.

Dua buah menara berkembar, setiap satunya berbentuk silinder setinggi 400 m dan diameter 30 m, dibina dengan jarak 50 m antara satu dengan lain dalam arah Utara-Selatan. Jika angin kencang 80 km/j bertiup dari arah Timur-Barat terhadap bangunan-bangunan tersebut, kirakan jumlah daya yang dikenakan kepada kedua-dua bangunan itu. Andaikan tiada gangguan antara bangunan-bangunan dan ambil pekali seretan sebagai 1.5, ketumpatan udara 1.2 kg/m^3 dan kelikatan udara $1.7 \times 10^{-5} \text{ Pas}$.

Nyatakan sama ada kocakan vorteks akan terjadi. Apakah frekuensi yang akan menyebabkan resonan terhadap frekuensi tabii atau harmonik bangunan-bangunan tersebut?

Bagaimanakah frekuensi akan berubah jika bangunan-bangunan tersebut terkena angin dari arah Utara-Selatan?

Ambil ketumpatan bersepadu bangunan sebagai 8960 kg/m^3 dan kekakuannya $1.41 \times 10^7 \text{ N/m}$.

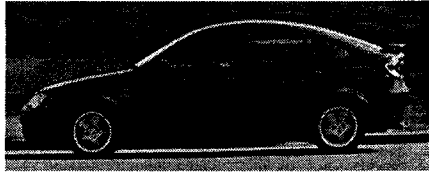

Nombor Strouhal, $fd/U_o = 0.198(1-19.7/Re)$.

Frekuensi tabii bangunan, $f_n = (1/2\pi)(k/m)^{1/2}$.

(40 marks/markah)

- [c] Compare two car models below and make three comparisons as far as their aerodynamic designs are concerned. Describe briefly what the advantages of good aerodynamic design are and how both models could further improve their aerodynamic features.

Bandingkan dua model kereta di bawah dan berikan tiga perbandingan dari segi rekaan aerodinamik mereka. Terangkan secara ringkas apakah kelebihan-kelebihan rekaan aerodinamik yang baik serta bagaimana kedua-dua model dapat memperbaiki ciri-ciri aerodinamik mereka.

		
Model	A	B
Length <i>Panjang</i>	4310 mm	4395 mm
Width <i>Lebar</i>	1725 mm	1715 mm
Height <i>Tinggi</i>	1435 mm	1470 mm
Displacement <i>Sesaran</i>	1597 cc	1497 cc
Power <i>Kuasa</i>	93 kW	88 kW
Torque <i>Tork</i>	150 Nm	145 Nm
Weight <i>Berat</i>	1,225 kg	1160 kg

(30 marks/markah)

BAHAGIAN B

- Q4. [a] Compressed air at an absolute pressure of 1.1 MN/m^2 is fed into a convergent-divergent nozzle. The throat area is 8.5 cm^2 and the nozzle expands to a diverging section of area 13 cm^2 before exiting at an absolute pressure of 105 kN/m^2 . Calculate the exit Mach number.

Udara termampat pada tekanan mutlak 1.1 MN/m^2 dibekalkan kepada muncung menumpu-mencapah. Keluasan kerongkongan ialah 8.5 cm^2 dan muncung berkenaan mencapah ke kawasan berkeluasan 13 cm^2 sebelum keluar pada tekanan mutlak 105 kN/m^2 . Kirakan nombor Mach ketika keluar.

$$\frac{p_o}{p} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

(20 marks/markah)

- [b] An airstream issues from a nozzle into the atmosphere where the pressure is 750 mm mercury and the temperature is 25°C . The stagnation and free stream temperature for air is related by

$$T_T - T_o = \left(\frac{V_o}{45}\right)^2 {}^\circ\text{C}$$

where $V_o = 255 \text{ m/s}$ is the free stream velocity. Calculate the stagnation temperature, pressure (in kPa), density, and Mach number of the flow. For air $R = 287 \text{ J/kg/K}$ and $\gamma = 1.4$.

$$p_T = p_o \left(\frac{T_T}{T_o}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

Aliran udara yang keluar dari muncung ke atmosfera yang bertekanan 750 mm raksa dan suhu 25°C . Suhu genangan dan aliran bebas dikaitkan oleh persamaan di bawah

$$T_T - T_o = \left(\frac{V_o}{45}\right)^2 {}^\circ\text{C}$$

di mana $V_o = 255 \text{ m/s}$ ialah halaju aliran bebas. Kirakan suhu genangan, tekanan (di dalam unit kPa), ketumpatan, dan nombor Mach bagi aliran tersebut. Bagi udara $R = 287 \text{ J/kg/K}$ dan $\gamma = 1.4$.

$$p_T = p_o \left(\frac{T_T}{T_o}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

(40 marks/markah)

- [c] A shock wave occurs in a duct carrying air where the upstream Mach number is 2.2 and the upstream temperature and pressure are 20°C and 25 kN/m² absolute respectively. Calculate the Mach number, pressure, temperature and velocity after the shock wave.

Gelombang kejutan terjadi di dalam satu paip yang membawa udara di mana nombor Mach ialah 2.2, suhu ialah 20°C dan tekanan ialah 25 kN/m². Kirakan nombor Mach, tekanan, suhu, dan halaju selepas gelombang kejutan.

$$M_2^2 = \frac{(\gamma - 1)M_1^2 + 2}{2\gamma M_1^2 - (\gamma - 1)}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1 + \gamma M_1^2}{1 + \gamma M_2^2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{1 + [(\gamma - 1)/2]M_1^2}{1 + [(\gamma - 1)/2]M_2^2}$$

(40 marks/markah)

- Q5. [a] Define net positive suction head and cavitation. Write the equation for net positive suction head.

Takrifkan turus sedutan positif bersih dan keronggaan. Tuliskan persamaan bagi turus sedutan positif bersih.

(20 marks/markah)

- [b] In a Pelton wheel the pitch circle of the buckets is 2.1 m and the water leaving the buckets is deflected at 162°. The diameter of the water jets is 168 mm, and the pressure behind the nozzle is 1100 kPa. If the wheel rotates at 315 rev/min and friction is neglected, calculate the power developed and the hydraulic efficiency.

Sebuah roda Pelton mempunyai bulatan pic timba 2.1 m dan air meninggalkan timba pada sudut pesongan 162°. Diameter bagi jet air ialah 168 mm dan tekanan di belakang muncung ialah 1100 kPa. Jika roda berputar pada 315 pusingan/minit dan geseran diabaikan, kirakan kuasa yang dijanakan dan kecekapan hidraulik.

(40 marks/markah)

- [c] A centrifugal pump running at 1450 rev/min delivers water at a flow rate of $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$. The head generated is 20 m. The impeller is 28 cm in diameter and 35 mm wide at exit, and is designed for constant velocity of flow. Both the suction and delivery pipes have the same diameter. Calculate the

- (i) blade angle at exit
- (ii) vane angle for entry to the stationary guide vanes surrounding the impeller

Sebuah pam empar beroperasi pada 1450 pusingan/minit menghantar air pada kadar alir $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$. Turus yang dijana ialah 20 m. Diameter pendesak ialah 28 cm dan lebar pada keluaran ialah 35 mm, dan direkabentuk untuk halaju alir malar. Kedua-dua paip masukan dan keluaran mempunyai diameter yang sama. Kirakan

- (i) sudut bilah pada keluaran
- (ii) sudut bagi masukan ke bilah panduan pegun yang mengelilingi pendesak

$$E = \frac{u}{g} (u - v_f \cot \beta_2)$$

(40 marks/markah)

- Q6. [a] Water is supplied to an axial flow turbine under a total head of 35 m. The mean diameter of the runner is 2 m and it rotates at 145 rev/min. Water leaves the guide vanes at 30° to the direction of runner rotation and the angle of the runner blade outlet at mean radius is 28° . If 7 percent of the total head is lost in the casing and guide vanes and the relative velocity is reduced by 8 percent due to friction in the runner,

- (i) draw the inlet velocity diagram
- (ii) determine the blade angle at inlet (at mean radius) and
- (iii) the hydraulic efficiency of the turbine

Air dibekalkan kepada turbin aliran sepaksi dengan jumlah turus 35 m. Diameter min bagi pelari ialah 2 m dan ia berputar pada 145 pusingan/min. Air keluar dari bilah panduan dengan sudut 30° pada arah pusingan pelari dan sudut bilah pelari keluaran pada jejari min ialah 28° . Jika 7 peratus dari jumlah turus hilang di dalam selongsong dan bilah panduan dan halaju relatif berkurang sebanyak 8 peratus disebabkan oleh geseran di dalam pelari,

- (i) lukiskan gambarajah halaju masukan
- (ii) tentukan sudut bilah masukan (pada jejari min) dan
- (iii) kecekapan hidraulik turbin.

(55 marks/markah)

- [b] Performance characteristics of a centrifugal pump with an impeller diameter of 0.50 m and running at 750 rev/min are tabulated in Table Q6[b] below. Calculate the discharge, \dot{Q} and head rise, H of a geometrically similar pump of 0.35 m impeller diameter and running at 1500 rev/min. Tabulate the results in the table and plot the characteristics for both sets of pumps in a graph paper.

Ciri-ciri prestasi sebuah pam empar dengan diameter pendesak 0.50 m dan berputar pada 750 pusingan/minit ditunjukkan di dalam Jadual S6[b] dibawah. Tentukan luahan, \dot{Q} dan kenaikan turus, H bagi sebuah pam yang bergeometri sama dengan diameter pendesak 0.35 m dan berputar pada 1500 pusingan/minit. Tunjukkan keputusan di dalam jadual dan plot ciri-ciri bagi kedua-dua pam di atas kertas graf.

$$C_p = \frac{bhp}{\rho \omega^3 D^5}$$

$$C_H = \frac{H}{\omega^2 D^2}$$

$$C_Q = \frac{\dot{Q}}{\omega D^3}$$

Table Q6[b]
Jadual S6[b]

$\dot{Q}(\text{m}^3/\text{min})$	0	7.0	14.1	21.2	27.9	34.9	42.1	49.2	56.2
$H(\text{m})$	39.8	40.7	40.3	39.5	38.1	33.5	25.5	14.3	0
η	0	0.42	0.59	0.73	0.82	0.82	0.73	0.51	0

(45 marks/markah)